DOI: 10.22067/jfcei.2022.73927.1093
https://civil-ferdowsi.um.ac.ir/

بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات وسایل نقلیه سنگین در راه‌های برون‌شهری

مقاله پژوهشی

ایرج برگ‌گل[1]　　محمد رحمانی نژاد اصیل[2]　　سعید فاطمی[3]　　سید امیر سعادتجو[4]

چکیده *با توجه به رشد جمعیت و افزایش تعداد وسایل نقلیه در راه‌های برون‌شهری، تصادفات رانندگی یکی از مهم‌ترین مشکلات سیستم حمل‌ونقل می‌باشد. وسایل نقلیه سنگین تأثیر زیادی در پیشرفت اقتصادی کشورهای در حال توسعه مانند ایران دارند. وسایل نقلیه سنگین حجم زیادی از کالا را در داخل کشور جابه‌جا می‌کنند. راه‌های برون‌شهری در استان گیلان، به‌دلیل امکان بازرگانی با کشورهای حاشیه دریای خزر و وجود زمین‌های کشاورزی، تردد حجم زیادی از وسایل نقلیه سنگین را تجربه می‌کنند. این پژوهش به بررسی تصادفات وسایل نقلیه سنگین در راه‌های برون‌شهری و بررسی عوامل تأثیرگذار بر شدت تصادفات با استفاده از آزمون‌های آماری کولموگروف اسمیرنوف و آزمون فریدمن و هم‌چنین رگرسیون لاجیت می‌پردازد. نتایج نشان می‌دهد وجود قوس در هندسه راه، برخورد جلوبه‌جلو، تصادفات ساعات غیراوج (یک تا شش صبح) و ساعات اوج عصر (١٩ تا نیمه‌شب)، بومی‌بودن راننده و برخورد با ماشین‌آلات‌کشاورزی باعث افزایش شدت تصادفات می‌شود. هم‌چنین موتورسواران آسیب‌پذیرترین کاربران راه در برخورد با وسایل نقلیه سنگین هستند. از سوی دیگر، عواملی نظیر وجود میانه‌راه، نوع برخورد بغل‌به‌بغل و آب و هوای صاف باعث کاهش شدت تصادفات می‌شود.*

واژه‌های کلیدی شدت تصادفات، وسایل نقلیه سنگین، راه‌های برون‌شهری، رگرسیون لاجیت.

مقدمه

مرگ و میر ناشی از تصادفات رانندگی یک مسئله نگران‌کننده برای سازمان بهداشت جهانی می‌باشد. براساس آمارهای این سازمان بیش از ٩٠ درصد مرگ و میر های ناشی از تصادفات رانندگی در کشورهای در حال توسعه رخ می‌دهد درحالی‌که ٥٤٪ از وسایل نقلیه ثبت شده در جهان در این کشورها قرار دارد. کشور ایران هجدهمین کشور پرجمعیت جهان می‌باشد که یکی از بالاترین خطرات مرگ ناشی از تصادفات جاده‌ای را در جهان دارد به‌طوری‌که تصادفات رانندگی جان ٣٢/١ نفر از هر ١٠٠ هزار نفر را در این کشور می‌گیرد[1,2]. وسایل نقلیه سنگین نقش مهمی در توسعه اقتصادی هر کشور به‌ویژه کشورهای در حال توسعه مانند ایران دارد و هم‌چنین تصادفات آن‌ها از لحاظ ایمنی کاربران راه اهمیت بالایی دارد. به گفته معاونت حمل‌ونقل کشور ایران، وسایل نقلیه سنگین حدود ٨٩ درصد از کالاها برحسب تن کیلومتر را جابه‌جا می‌کنند. براین اساس یک جریان ایمن، قابل اعتماد از حمل کالا باعث تأثیر مثبت بر اقتصاد کشور می‌شود[3]. تصادفات وسایل نقیله سنگین با وسایل نقلیه سبک باعث افزایش جراحت بر رانندگان و سرنشینان وسایل نقلیه سبک می‌شود. استان گیلان به‌علت داشتن شرایط مناسب برای بازرگانی، دارای منطقه آزاد تجاری و بندر می‌باشد، که باعث می‌شود وسایل نقلیه سنگین همراه با بار، در جاده‌های برون‌شهری این استان تردد داشته باشند. راه‌های استان گیلان به علت نوع خاص بافت شهری و وجود روستاها و دهه‌ای پرتعداد در حاشیه راه‌ها و وجود تفرجگاه‌ها و زمین‌های کشاورزی پرتعداد، باعث عبور موتورها و عابران پیاده زیادی از راه و حاشیه آن می‌شود[4,5]. در این پژوهش تلاش شده‌است عوامل مؤثری که باعث افزایش شدت تصادفات وسایل نقلیه سنگین در این استان شده‌است را بررسی کند[6].

* تاریخ دریافت مقاله ١٤٠٠/٩/٨و تاریخ پذیرش آن ١٤٠٠/١١/١٨ می‌باشد.
(١) نویسنده مسئول، استادیار، گروه مهندسی عمران دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
Email: bargegol@guilan.ac.ir
(٢) دانشجوی کارشناسی ارشد راه و ترابری، گروه مهندسی عمران دانشگاه گیلان، رشت، ایران.
(٣) دانشجوی دکتری راه و ترابری، گروه مهندسی عمران دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(٤) دانشجوی دکتری راه و ترابری، گروه مهندسی عمران دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران.

پیشینه تحقیق

طی سالیان اخیر در مطالعات مختلفی به بررسی تأثیر عوامل مختلف بر شدت تصادفات وسایل نقلیه سنگین پرداخته شده‌است. راحیمی و همکاران در سال ۲۰۲۰، به بررسی شدت تصادفات تک‌وسیله‌ای، وسایل نقلیه سنگین در راه‌های ایران پرداختند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عوامل تأثیرگذار در شدت این نوع تصادفات شامل آموزش راننده، داشتن سیستم ترمز پیشرفته، وجود قوس در راه‌ها و سرعت بالا می‌باشد[۳]. وانگ و همکاران در سال ۲۰۱۹، به بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات وسایل نقلیه سنگین در دو آزادراه کوهستانی پرداختند. در این پژوهش عوامل مرتبط با ویژگی‌های راننده، ویژگی‌های خودرو، هندسه راه و شرایط محیطی مورد بررسی قرار گرفتند که نتایج آن نشان می‌دهد عواملی نظیر رانندگان سالمند، تصادف چند وسیله‌ای، عدم استفاده از کمربند ایمنی، بارگذاری بیش از حد مجاز، سرعت غیرمجاز، ترمز و رفتارهای پرخطر، در بخش قوس‌راه، فصول (تابستان، پاییز و زمستان)، در زمان شب و شرایط جوی نامساعد، احتمال آسیب‌دیدگی و تصادفات منجر به مرگ را به‌میزان قابل توجهی افزایش می‌دهد[7]. چانگ و همکاران[8] در سال ۲۰۱۳، به بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات وسایل نقلیه سنگین در آزادراه‌های کشور تایوان پرداختند. در این پژوهش با استفاده از مدل CART به بررسی رابطه بین شدت تصادف با مشخصات راننده و وسیله نقلیه و هم‌چنین متغیرهای هندسی بزرگراه پرداختند. نتایج نشان می‌دهد نوشیدن مشروبات الکلی، استفاده از کمربند ایمنی، نوع وسیله نقلیه، نوع برخورد، شرایط کمک‌کننده و اقدام راننده/ وسیله نقلیه، تعداد وسایل نقلیه درگیر در تصادف و محل تصادف عوامل اصلی تعیین‌کننده میزان شدت آسیب در تصادفات وسایل نقلیه سنگین بوده‌اند. کاپلان و همکاران[9] در سال ۲۰۱۲، به بررسی عوامل مؤثر بر شدت تصادفات اتوبوس در ایالات متحده امریکا پرداختند. نتایج نشان می‌دهد عواملی که باعث افزایش شدت تصادفات می‌شوند شامل ۱) رانندگان جوان اتوبوس زیر ۲۵ سال، ۲) رانندگان بالای ٦٥ سال، ۳) رانندگان زن، ٤) سرعت بسیار بالا (بیش از ٦٥ مایل در ساعت) و بسیار کم (زیر ۲۰ مایل در ساعت)، ۵) در محل تقاطع‌ها، ٦) رانندگی خطرناک و بی‌توجهی عظیمی و همکاران نیز در سال ۲۰۲۰ نیز به بررسی تصادفات واژگونی کامیون‌ها پرداختند. آن‌ها داده‌های تصادفات ایالت فلوریدا بین سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۱٦ را مورد بررسی قرار دادند که نتایج آن نشان می‌دهد تأثیر شرایط نور و سرعت رانندگی در بین مشاهدات دارای تغییرات قابل‌توجهی است و این تغییر را می‌توان به اقدامات راننده و شرایط راننده در زمان تصادف و هم‌چنین انسداد دید راننده نسبت داد[10]. بهنود و البدایری[11] در سال ۲۰۲۰ به بررسی شدت تصادفات وسایل نقلیه سنگین در روزهای کاری و آخر هفته پرداختند. این پژوهش نشان می‌دهد عوامل مؤثر بر شدت تصادف در روزهای کاری و آخر هفته با یکدیگر متفاوت می‌باشد و بهتر است برای بررسی بهتر این دو دسته از یکدیگر جدا شوند اما با این حال عواملی نظیر رانندگان جوان، رانندگان مقصر، تصادف پشت‌به‌پشت، برخورد با شیء ثابت و تصادفات در تقاطع‌ها و زمان تصادف بر شدت آسیب هر دو مدل تأثیر دارند.

روش تحقیق

آزمون کولموگروف اسمیرنوف. یکی از اصلی‌ترین ملاک‌ها برای انتخاب نوع آزمون، براساس نرمال و یا غیرنرمال بودن توزیع داده‌ها، انجام آزمون کلموگروف–اسمیرنوف می‌باشد. انجام این آزمون برای تعیین استفاده از آزمون های آماری پارامتریک یا آزمون های ناپارامتریک می‌باشد. میزان تقریبی معنی‌داری آزمون پس از انجام آزمون در بخش خروجی نمایان می‌شود در این آزمون دو فرض وجود دارد[12]:

H_0 : داده ها از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند.

H_1: داده ها از توزیع نرمال تبعیت نمی‌کنند.

برای اثبات این فرضیه‌ها از مقایسه میزان معناداری و α استفاده می‌شود. میزان α برابر با ۰٫۰۱ می‌باشد، اگر میزان p-value< 0.05 باشد فرض صفر رد شده و داده‌ها غیر نرمال می‌باشند و در غیر این صورت فرض صفر که نرمال بودن داده‌ها است، اثبات می‌شود.

آزمون فریدمن. آزمون فریدمن از مجموعه آزمون‌های آماری می‌باشد که برای مقایسه چند گروه به‌کاربرده می‌شود و ازنظر میانگین رتبه‌های گروه‌ها را مشخص می‌کند که آیا گروه‌های مدنظر می‌توانند از یک جامعه باشند و یا نه؟ مقیاس در این آزمون باید حداقل رتبه‌ای باشد. آزمون فریدمن آزمون متناظر غیر پارامتری آزمون F می‌باشد چرا که در آزمون F باید واریانس‌ها همگن باشند که این امر در مقیاس‌های رتبه‌ای کمتر رعایت می‌شود و لذا در مقیاس‌های رتبه‌ای به‌جای F کاربرد دارد و جایگزین آن می‌شود. آزمون فریدمن برای تجزیه واریانس

دوطرفه (برای داده‌های ناپارامتری) به‌صورت رتبه‌بندی استفاده می‌شود و هم‌چنین برای مقایسه میانگین رتبه‌بندی گروه‌های مختلف کاربرد دارد[13,14].

رگرسیون لاجیت. پیش‌بینی وقوع تصادف منجر به جرح یا فوت را می‌تواند به‌صورت یک رخداد دوتایی تعریف کرد. مدل‌های لاجیت یکی از روش‌های پیش‌بینی رخدادهای گسسته (دراین‌جا وقوع یا عدم وقوع تصادف منجر به جرح یا فوت) است. در این مدل، متغیر وابسته به‌صورت ارائه‌شده در رابطه زیر فرمول‌بندی می‌شود[15].

$$g(x) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \cdots + \beta_j x_j + \cdots + \beta_p x_p \qquad (۱)$$

که در آن x_j = مقدار متناظر با j امین متغیر وابسته است. β_j = ضریب متناظر با متغیر j ام به ازای $j = 1,2,3,\dots,p$ است و p شمار تمامی متغیرهای مستقل است. با وجود این متغیرها، احتمال انتخاب x به‌صورت رابطه زیر مشخص می‌شود:

$$\pi(x) = \frac{\exp\big(g(x)\big)}{1 + \exp\big(g(x)\big)} \qquad (۲)$$

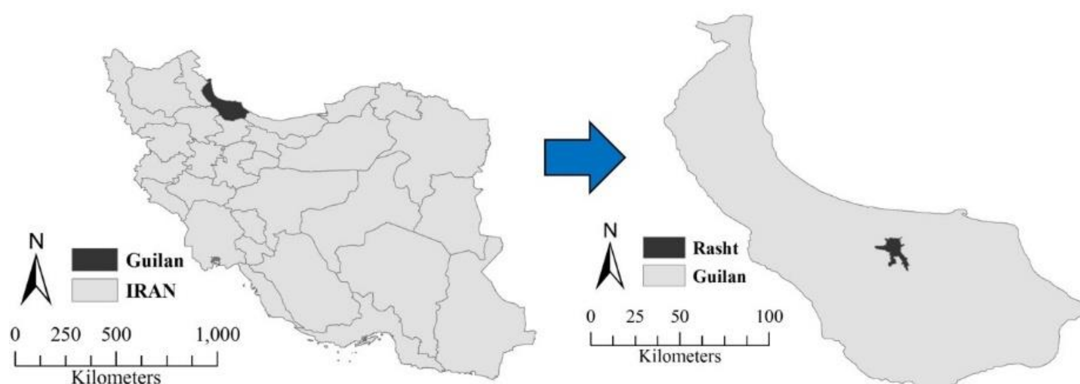
که در آن $\pi(x)$ معرف احتمال انتخاب گزینه ۱ به‌ازای بردار متغیر مستقل (x) است[16].

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در استان گیلان در شمال ایران انجام شده‌است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی استان گیلان و مرکز آن، شهر رشت، را نشان می‌دهد. این استان از شمال به دریای خزر و آذربایجان، از غرب به استان اردبیل، از جنوب به استان زنجان و قزوین و از شرق به استان مازندران محدود شده‌است. گیلان دارای مساحت بیش از ۱۴ هزار کیلومتر مربع است و جمعیت آن طبق سرشماری رسمی در سال ۱۳۹۵، بیش از ۲/۵ میلیون نفر است[6]. گیلان دهمین استان پرجمعیت کشور است و تراکم آن ۱۷۷ نفر در هر کیلومتر مربع اعلام شده‌است. این استان از ۱۶ شهر و ۲۶۱۵ روستا تشکیل شده‌است[17]. استان گیلان به‌دلیل شرایط جغرافیایی و داشتن مرز آبی با کشورهای حوزه دریای خزر، دارای بنادر متعدد و هم‌چنین منطقه آزاد تجاری انزلی است. که این امر سبب می‌شود بازرگانی و حمل‌ونقل کالا در این استان رواج داشته باشد. هم‌چنین در استان گیلان به‌دلیل داشتن شرایط مساعد آب‌وهوایی، کشاورزی رونق فراوان دارد[18,19].

داده‌ها

در این پژوهش از ۳۸۱۰ مورد تصادفات رانندگی منجر به فوت، جراحت و خسارت در راه‌های برون شهری ثبت شده در پلیس راه استان گیلان از ۱۳۹۳ تا ۱۳۹۸ استفاده شده‌است. داده شامل شدت تصادف، زمان تصادف، روز تصادف، فصل تصادف، شرایط سطح جاده، وضعیت هندسه محل تصادف، وضعیت روشنایی جاده، نوع تصادف وسیله‌نقلیه، سن راننده، جنسیت راننده و وضعیت آب‌وهوا است. متغیر هدف در این مطالعه، سطوح مختلف شدت تصادفات است که در ابتدا به سه دسته جرحی، فوتی و خسارتی تقسیم شد. از آن‌جا که تصادفات فوتی نسبت‌به سایر تصادفات سهم بسیار کمتری دارد، لذا تصادفات فوتی با تصادفات جرحی ترکیب شده و متغیر هدف به دو دسته تصادفات جرحی- فوتی و خسارتی تقسیم‌بندی شده‌است.



شکل ۱ فراوانی متغیرهای مستقل براساس شدت تصادف

جدول ۱ فراوانی متغیر های مستقل براساس شدت تصادف

متغیر	دسته‌بندی	شدت		مجموع
		خسارتی	جرحی و فوتی	
روزهای هفته	شنبه	۳۱۸	۲۸۰	۵۹۸
	یک‌شنبه	۲۸۵	۲۴۱	۵۲۶
	دوشنبه	۳۲۳	۲۳۸	۵۶۱
	سه‌شنبه	۲۷۰	۲۰۸	۴۷۸
	چهارشنبه	۳۳۵	۲۶۴	۵۹۹
	پنج‌شنبه	۳۲۶	۲۵۸	۵۸۴
	جمعه	۲۳۸	۲۲۵	۴۶۳
فصل	بهار	۵۹۱	۴۳۲	۱۰۲۳
	تابستان	۵۵۴	۵۳۸	۱۰۹۲
	پاییز	۴۵۹	۳۵۱	۸۱۰
	زمستان	۴۹۱	۳۹۳	۸۸۴
سال	۱۳۹۳	۳۵۰	۲۲۰	۵۷۰
	۱۳۹۴	۲۹۴	۲۰۵	۴۹۹
	۱۳۹۵	۳۷۲	۳۱۲	۶۸۴
	۱۳۹۶	۳۶۵	۳۲۶	۶۹۱
	۱۳۹۷	۲۷۸	۴۴۸	۷۲۶
	۱۳۹۸	۴۳۶	۲۰۳	۶۳۹
جداکننده وسط	دارد	۹۷۰	۵۴۴	۱۵۱۴
	ندارد	۱۱۲۵	۱۱۷۰	۲۲۹۵
زاویه برخورد	جلو به جلو	۲۷۶	۳۷۰	۶۴۶
	جلو به عقب	۷۴۴	۵۳۹	۱۲۸۳
	بغل به بغل	۴۳۷	۲۲۴	۶۶۱
	سایر	۶۳۸	۵۸۱	۱۲۱۹
وضعیت روسازی	خشک	۱۷۳۳	۱۴۰۴	۳۱۳۷
	خیس	۳۶۲	۳۱۰	۶۷۲
وضعیت آب‌وهوا	ابری	۲۴۴	۲۴۹	۴۹۳
	صاف	۱۴۴۱	۱۱۰۷	۲۵۴۸
	بارانی	۳۸۶	۳۴۶	۷۳۲
	برفی	۲۴	۱۲	۳۶

متغیر	دسته‌بندی	شدت		مجموع
		خسارتی	جرحی و فوتی	
هندسه راه	مستقیم	۱۸۱۸	۱۴۲۵	۳۲۴۳
	قوس افقی	۱۳۴	۲۰۳	۳۳۷
	قوس قائم	۸۰	۳۱	۱۱۱
	قوس افقی و قائم	۶۳	۵۵	۱۱۸
روشنایی	روز	۱۳۷۸	۹۸۵	۲۳۶۳
	شب بدون روشنایی	۳۳۰	۳۷۷	۷۰۷
	شب با روشنایی	۳۸۷	۳۵۲	۷۳۹
راننده	بومی	۱۲۷۷	۱۲۰۰	۲۴۷۷
	غیربومی	۸۱۸	۵۱۴	۱۳۳۲
راننده وسیله نقلیه سنگین	بومی	۱۱۴۱	۱۱۴۱	۲۲۸۲
	غیربومی	۹۵۴	۵۷۳	۱۵۲۷
نوع وسیله	سواری	۱۵۸۲	۱۱۲۲	۲۷۰۴
	اتوبوس	۱۱	۷	۱۸
	موتور	۳۱	۳۳۵	۳۶۶
	پیکاپ	۲۰۴	۱۳۵	۳۳۹
	تریلی	۲۶۷	۱۱۵	۳۸۲
سن راننده	زیر ۳۰ سال	۵۷۴	۵۹۱	۱۱۶۵
	بین ۳۱ تا ۵۵ سال	۱۳۳۰	۹۴۶	۲۲۷۶
	بالای ۵۶ سال	۱۹۱	۱۷۷	۳۶۸
جنسیت راننده	مرد	۱۹۷۰	۱۶۳۱	۳۶۰۱
	زن	۱۲۵	۸۳	۲۰۸
نوع وسیله نقلیه سنگین	ماشین آلات کشاورزی	۴۲	۲۱۷	۲۵۹
	اتوبوس	۲۱۰	۱۶۹	۳۷۹
	تریلی	۱۸۴۳	۱۳۲۸	۳۱۷۱
راننده وسیله نقلیه سنگین	زیر ۳۰ سال	۲۸۲	۲۴۹	۵۳۱
	بین ۳۱ تا ۵۵ سال	۱۶۳۱	۱۲۹۵	۲۹۲۶
	بالای ۵۶ سال	۱۸۲	۱۷۰	۳۵۲

نتایج

در ابتدا با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف، پارامتریک یا ناپارامتریک بودن داده‌ها شناسایی شده‌است. سپس برای تعیین اولویت عوامل از آزمون فریدمن استفاده شد. برای تعیین تأثیر هر یک از متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته (شدت تصادفات) از

مدل لاجیت استفاده شد و براساس آن متغیر های تأثیرگذار بر شدت تصادفات دو وسیله‌ای، وسایل نقلیه سنگین شناسایی شد.

نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف. برای ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف استفاده شده‌است. جدول (۲) نتایج این آزمون برای هر متغیر مستقل را نشان می‌دهد. با توجه به سطح معناداری که در آزمون کولموگروف- اسمیرنوف (با توجه به sig)، ۰/۰۱ می باشد. فرض H_0 که نرمال بودن توزیع متغیرها می‌باشد، رد می‌شود و فرض H_1 پذیرفته می‌شود. با توجه به نتایج این آزمون، همه متغیرهای مورد بررسی از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند و باید از آزمون های ناپارامتریک استفاده شود.

نتایج آزمون فریدمن. در این پژوهش ۱۶ متغیر مستقل وجود دارد که با استفاده از آزمون فریدمن رتبه‌بندی شده‌اند. جدول (۳) مشخصات کلی این آزمون شامل تعداد نمونه، مجذور کای، درجه آزادی و سطح معناداری را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول سطح معناداری کمتر از ۰/۰۵ می باشد که نشان‌دهنده مستقل بودن رتبه میانگین این متغیر ها از یکدیگر می‌باشد. جدول (٤) رتبه‌بندی متغیرهای مستقل براساس میانگین رتبه آن‌ها می‌باشد به‌طوری که هر چه میانگین رتبه یک متغیر عدد کوچک‌تری باشد آن متغیر از اهمیت بالاتری برخوردار است. با توجه به جدول (٤) سه متغیر جنسیت راننده، وضعیت روسازی و هندسه راه با اهمیت‌ترین متغیرها می‌باشند و هم‌چنین سه متغیر روزهای هفته، نوع وسیله نقلیه سنگین و ساعت تصادف دارای بیشترین رتبه میانگین بوده‌اند و از اهمیت کمتری برخوردار هستند.

نتایج رگرسیون لاجیت. برای مدل‌سازی لاجیت شدت تصادفات وسایل نقلیه سنگین، ۳۸ متغیر مستقل تعریف و سپس مدل‌سازی شد. لازم به ذکر است که تعداد کل متغیرهای مستقل در این تحقیق ۱۶ متغیر بوده‌است، اما برای ایجاد مدل لاجیت لازم بود که متغیرهای فرعی به‌صورت جداگانه وارد مدل شوند تا تأثیر هر یک از زیر متغیرها روی متغیر هدف اندازه‌گیری شود. بنابراین تعداد متغیرهای ورودی به مدل به ۳۸ عدد رسید. گرچه، به‌علت هم‌سویی احتمالی بین متغیرهای مستقل، امکان حضور توأم تمامی این متغیرها با هم در مدل وجود نداشت[4,5].

جدول ۲ نتایج آزمون کولموگروف اسمیرنوف

متغیرها	Normal Parameters	Std. Deviation	Most Extreme Differences			Test Statistic	Sig.
	Mean		Absolute	Positive	Negative		
روزهای هفته	۳/۹۳	۱/۹۹۳	۰/۱۳۶	۰/۱۲۹	-۰/۱۳۶	۰/۱۳۶	۰/۰۰۰
فصل	۲/۴۱	۱/۱۱۵	۰/۱۹۸	۰/۱۹۸	-۰/۱۵۵	۰/۱۹۸	۰/۰۰۰
جداکننده وسط	۱/۶	۰/۴۸۹	۰/۳۹۴	۰/۲۸۸	-۰/۳۹۴	۰/۳۹۴	۰/۰۰۰
زاویه برخورد	۲/۵۰	۰/۹۶۸	۰/۲۰۳	۰/۲۰۳	-۰/۱۹۲	۰/۲۰۳	۰/۰۰۰
وضعیت روسازی	۱/۱۸	۰/۳۸۱	۰/۵۰۲	۰/۵۰۲	-۰/۳۲۲	۰/۵۰۲	۰/۰۰۰
وضعیت آب و هوا	۲/۰۸	۰/۵۹۴	۰/۳۵۳	۰/۳۵۳	-۰/۳۱۶	۰/۳۵۳	۰/۰۰۰
هندسه راه	۱/۲۴	۰/۶۵۳	۰/۴۹۵	۰/۴۹۵	-۰/۳۵۷	۰/۴۹۵	۰/۰۰۰
وضعیت روشنایی	۱/۵۷	۰/۷۹۵	۰/۳۸۵	۰/۳۸۵	-۰/۲۳۵	۰/۳۸۵	۰/۰۰۰
راننده بومی	۱/۳۵	۰/۴۷۷	۰/۴۱۹	۰/۴۱۹	-۰/۲۶۳	۰/۴۱۹	۰/۰۰۰
راننده وسیله نقلیه سنگین، بومی	۱/۴۰	۰/۴۹۰	۰/۳۹۲	۰/۳۹۲	-۰/۲۹۰	۰/۳۹۲	۰/۰۰۰
نوع وسیله	۱/۸۷	۱/۴۳۱	۰/۴۳۷	۰/۴۳۷	-۰/۲۷۳	۰/۴۳۷	۰/۰۰۰
سن راننده	۳۸/۲۰	۱۲/۰۸۷	۰/۰۸۹	۰/۰۸۹	-۰/۰۴۹	۰/۰۸۹	۰/۰۰۰
جنسیت	۱/۰۵	۰/۲۲۷	۰/۵۴۰	۰/۵۴۰	-۰/۴۰۵	۰/۵۴۰	۰/۰۰۰
نوع وسیله نقلیه سنگین	۲/۷۶	۰/۵۶۲	۰/۴۹۵	۰/۳۳۸	-۰/۴۹۵	۰/۴۹۵	۰/۰۰۰
سن راننده وسیله نقلیه سنگین	۴۱/۳۴	۱۰/۱۳۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۰	-۰/۰۴۹	۰/۰۸۰	۰/۰۰۰

جدول۳ نتایج کلی آزمون فریدمن

تعداد نمونه	مجذور کای	درجه آزادی	سطح معناداری
۳۸۰۹	۲٤۳۷٦/٤٤	۱۵	۰/۰۰۰

جدول٤ رتبه میانگین برای‌های متغیر در آزمون فریدمن

رتبه	متغیر	میانگین رتبه
۱	جنسیت راننده	۳/۹۸
۲	وضعیت روسازی	٤/٤۹
۳	هندسه راه	٤/٦٦
٤	بومی‌بودن راننده	۵/٤۲
۵	بومی‌بودن راننده وسیله نقلیه سنگین	۵/٦٦
٦	وضعیت روشنایی راه	٦/۱
۷	نوع وسیله نقلیه	٦/۳
۸	جداکننده وسط	٦/٦۹
۹	وضعیت آب‌وهوا	۸/٦۵
۱۰	فصل	۸/۹٤
۱۱	زاویه برخورد	۹/٤۸
۱۲	نوع وسیله نقلیه سنگین	۱۰/٦۳
۱۳	روزهای هفته	۱۱/۰۸
۱٤	سن راننده	۱۵/٤
۱۵	سن راننده وسیله نقلیه سنگین	۱۵/٦

برای انتخاب بهترین ترکیب متغیر می‌توان از سه روش: ورود کلی متغیرها(Enter)، روش گام‌به‌گام جلو(Forward stepwise) و روش گام‌به‌گام عقب(Backward stepwise) استفاده کرد[15]. در روش ورود کلی متغیرها، از آن‌جایی که همه متغیرها به‌طور هم‌زمان وارد معادله می‌شوند، مدل فرصت پردازش صحیح داده‌ها و انتخاب مهم‌ترین متغیرها را ندارد. بنابراین نمی‌تواند روش مناسبی باشد. به همین دلیل از روش‌های گام‌به‌گام جلو و عقب برای واردکردن داده‌ها در معادله لاجیت استفاده شد. هر روشی که در پیش‌بینی شدت حوادث دقت بیشتری داشته باشد به‌عنوان روش برتر شناخته می‌شود. جدول (۵) خلاصه‌ای از مدل‌های دو روش (گام‌به‌گام به عقب و به جلو) را ارائه می‌دهد که شامل دو معیار برای درصد صحیح و نیکویی برازش (R2) مدل است.

با توجه به نتایج جدول (۵) روش گام‌به‌گام جلو انتخاب می‌شود زیرا میزان درصد صحیح و نیکویی برازش بالاتری دارد. جدول (٦) نتایج نهایی مدل لاجیت می‌باشد که ۱۲ متغیر معنادار که بهترین عملکرد را دارند انتخاب شده‌اند و اثرات هر متغیر که شامل مقدار B (میزان تغییرات لگاریتم نسبت شانس)، S.E خطای استاندارد، Wald نتایج آزمون والد، sig سطح معناداری و Exp(B) نسبت شانس را نشان می‌دهد.

جدول۵ مشخصات روش ورود اطلاعات

روش‌ها	درصد صحیح	نیکویی برازش (R2)
روش گام‌به‌گام جلو	٦۸/٤	۰/۲۳۵
روش گام‌به‌گام عقب	٦۸/۱	۰/۲۳۲

جدول ٦ نتایج رگرسیون لاجیت

متغیرها	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)
زمان ۱ تا ٦ صبح	۰/۵۵۱	۰/۱۲٦	۱۹/۰۹٦	۱	۰/۰۰۰	۱/۷۳٦
زمان ۱۹ تا ۰ (نیمه‌شب)	۰/۳۰۳	-۰/۲٦۹	۱۲/۹۲۸	۱	۰/۰۰۰	۱/۳۵٤
بهار	-۰/۲٦۹	۰/۰۸۲	۱۰/٦۱٤	۱	۰/۰۰۱	۰/۷٦٤
جداکننده وسط	-۰/٤۰۹	۰/۰۷۷	۲۸/٤۵۵	۱	۰/۰۰۰	۰/٦٦٤
برخورد جلوبه‌جلو	۰/٤۸۱	۰/۰۹۸	۲٤/۳۵۱	۱	۰/۰۰۰	۱/٦۱۸
برخورد بغل‌به‌بغل	-۰/٤٦۸	۰/۱۰۱	۲۱/٦۱۳	۱	۰/۰۰۰	۰/٦۲٦
آب و هوای صاف	-۰/۲۳۳	۰/۰۷٦	۹/٤٤٦	۱	۰/۰۰۲	۰/۷۹۳
قوس در هندسه راه	۰/۲۸۷	۰/۱۰۲	۷/۹٦۲	۱	۰/۰۰۵	۱/۳۳۳
بومی بودن راننده	۰/۱۸۹	۰/۰۷٦	٦/۲٦٤	۱	۰/۰۱۲	۱/۲۰۸
وسیله نقلیه- موتور	۲/٦۹٤	۰/۱۹٦	۱۸۹/۷۷۱	۱	۰/۰۰۰	۱٤/۷۹۱
وسیله نقلیه- تریلی	-۰/۵۲۱	۰/۱۲۳	۱۷/۹۵۲	۱	۰/۰۰۰	۰/۵۹٤
وسیله نقلیه سنگین- ماشین‌آلات کشاورزی	۱/٦٦۲	۰/۱۸۳	۸۲/٤٦۸	۱	۰/۰۰۰	۵/۲۷۰
عدد ثابت	-۰/۳۵۸	۰/۰۹۹	۱۳/۱۰٦	۱	۰/۰۰۰	۰/٦۹۹

جدول ۷ طبقه بندی درصد پیش‌بینی مدل

مشاهده شده		پیش‌بینی مدل		
		شدت تصادف		درصد صحیح
		خسارتی	جرحی و فوتی	
شدت تصادف	خسارتی	۱۸۲۱	۲۷٤	۸٦/۹
	جرحی و فوتی	۹۳۱	۷۸۳	٤٥/۷
درصد کل		٦۸/٤		

نتایج مدل نشان می‌دهد، زمان تصادف در دو بازه زمانی ۱ تا ٦ صبح و ۱۹ تا نیمه‌شب باعث افزایش شدت تصادف می‌شود. تصادفات با زاویه برخورد جلوبه‌جلو نیز یکی از عوامل تأثیرگذار بر افزایش شدت تصادفات می‌باشد و هم‌چنین قوس در هندسه راه، بومی‌بودن راننده، برخورد موتور با وسایل نقلیه سنگین، برخورد با ماشین‌آلات کشاورزی باعث افزایش سطح شدت تصادفات می‌شود. در مقابل فصل بهار، برخورد بغل‌به‌بغل، آب‌وهوای صاف و برخورد تریلی با وسایل نقلیه سنگین عواملی هستند که باعث کاهش شدت جراحات در تصادفات می‌شوند. در جدول (۷) میزان دقت مدل در پیش‌بینی شدّت تصادفات مورد استفاده در طراحی مدل محاسبه شده‌است. این مدل ۸٦/۹ درصد تصادفات خسارتی و ٤٥/۷ درصد تصادفات فوتی را درست پیش‌بینی می‌کند و دارای دقت کلی ٦۸/٤ درصد می‌باشد.

بحث و بررسی نتایج

مطالعه حاضر به بررسی تأثیر عوامل مختلف بر شدت تصادفات وسایل نقلیه سنگین در راه‌های برون‌شهری استان گیلان پرداخته‌است. نتایج نشان می‌دهد تصادفات در ساعات غیر اوج ۱ تا ٦ صبح و ساعات ۱۹ تا نیمه‌شب از شدت بیشتری برخوردارند یکی از دلایل اصلی این امر محدودیت تردد وسایل نقلیه سنگین باری در طول روز می‌باشد[19]، هم‌چنین در ساعات غیراوج، حجم ترافیک عبوری در راه‌های برون‌شهری کاهش می‌یابد و این امر باعث می‌شود سرعت حرکت وسایل نقلیه افزایش یابد[۲۰]. زاویه برخورد یکی از علل تأثیرگذار بر شدت تصادفات می‌باشد به‌طوری که تصادفات جلوبه‌جلو باعث افزایش شدت و تصادفات بغل‌به‌بغل باعث کاهش شدت برخورد می‌شود. تصادفات جلوبه‌جلو به‌طور حتم در راه‌های بدون جداکننده وسط رخ می‌دهد که نتایج نشان می‌دهد در راه‌هایی که جداکننده وسط وجود دارد شدت تصادفات کاهش می‌یابد[21]، این عامل می‌تواند با بهبود زیرساخت‌های راه‌های برون‌شهری استان گیلان رفع شود[22]. موتور وسیله نقلیه‌ای می‌باشد که بیشترین آسیب را در برخورد با وسایل نقلیه سنگین متحمل می‌شود دلیل این امر آسیب‌پذیر بودن رانندگان موتور نسبت‌به سایر وسایل نقلیه می‌باشد به‌طوری‌که برخورد تریلی با وسایل نقلیه سنگین باعث کاهش شدت تصادفات می‌شود[۲۳]. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد، بومی‌بودن راننده عاملی تأثیرگذار بر شدت تصادفات است و باعث افزایش شدت برخورد می‌شود، زیرا رانندگان بومی به مسیر آشنا بوده‌اند و این عامل می‌تواند بر سرعت و دقت راننده تأثیر منفی داشته باشد[24]. عامل آب و هوا نیز یکی از عوامل تأثیرگذار است، به‌طوری‌که نتایج نشان می‌دهد آب‌وهوای صاف باعث کاهش شدت تصادفات می‌شود. یک دلیل احتمالی برای این موضوع می‌تواند بالاتر بودن اصطکاک سطحی روسازی در شرایط خشک باشد که منجر به عملکرد بهتر ترمزها و در نتیجه کاهش شدت برخورد می‌گردد. دلیل دیگر هم می‌تواند متوجه دید بهتر راننده در شرایط جوی مساعد باشد.

مراجع

1. Hosseinian, S.M. and Gilani, V.N.M., "Analysis of factors affecting urban road accidents in Rasht metropolis", *Eng Transactions*, Vol. 1, pp. 1-4. (2020).
2. Hosseinian, S.M., Najafi Moghaddam Gilani, V., Mirbaha, B. and Abdi Kordani, A., "Statistical analysis for study of

the effect of dark clothing color of female pedestrians on the severity of accident using machine learning methods", *Mathematical Problems in Engineering*, Vol. 2021, pp. 1-21. (2021).

3. Rahimi, E., Shamshiripour, A., Samimi, A. and Mohammadian, A.K., "Investigating the injury severity of single-vehicle truck crashes in a developing country", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 137, pp. 105444. (2020).
4. Effati, M. and Saheli, M.V., "Examining the influence of rural land uses and accessibility-related factors to estimate pedestrian safety: The use of GIS and machine learning techniques", *International journal of transportation science and technology*, Vol. 11, pp. 144-157. (2022).
5. Vahedi Saheli, M. and Effati, M., "Segment-based count regression geospatial modeling of the effect of roadside land uses on pedestrian crash frequency in rural roads", *International journal of intelligent transportation systems research*, Vol. 19, pp. 347-365. (2021).
6. Saheli, M.V. and Effati, M., "Examining the impact of land-use related factors on rural traffic collisions", *Journal of Injury and Violence Research*, Vol. 11, (2019).
7. Wang, Y., Luo, Y. and Chen, F., "Interpreting risk factors for truck crash severity on mountainous freeways in Jiangxi and Shaanxi, China", *European transport research review*, Vol. 11, pp. 1-11. (2019).
8. Chang, L.-Y. and Chien, J.-T., "Analysis of driver injury severity in truck-involved accidents using a non-parametric classification tree model", *Safety science*, Vol. 51, pp. 17-22. (2013).
9. Kaplan, S. and Prato, C.G., "Risk factors associated with bus accident severity in the United States: A generalized ordered logit model", *Journal of safety research*, Vol. 43, pp. 171-180. (2012).
10. Azimi, G., Rahimi, A., Asgari, H. and Jin, X., "Severity analysis for large truck rollover crashes using a random parameter ordered logit model", *Accident Analysis & Prevention*, Vol. 135, pp. 105355. (2020).
11. Behnood, A. and Al-Bdairi, N.S.S., "Determinant of injury severities in large truck crashes: A weekly instability analysis", *Safety science*, Vol. 131, pp. 104911. (2020).
12. Ruxton, G.D., Wilkinson, D.M. and Neuhäuser, M., "Advice on testing the null hypothesis that a sample is drawn from a normal distribution", *Animal Behaviour*, Vol. 107, pp. 249-252. (2015).
13. Eisinga, R., Heskes, T., Pelzer, B. and Te Grotenhuis, M., "Exact p-values for pairwise comparison of Friedman rank sums, with application to comparing classifiers", *BMC bioinformatics*, Vol. 18, pp. 1-18. (2017).
14. Kamboozia, N., Ameri, M. and Hosseinian, S.M., "Statistical analysis and accident prediction models leading to pedestrian injuries and deaths on rural roads in Iran", *International journal of injury control and safety promotion*, Vol. 27, pp. 493-509. (2020).
15. Najafi Moghaddam Gilani, V., Hosseinian, S.M., Ghasedi, M. and Nikookar, M., "Data-driven urban traffic accident analysis and prediction using logit and machine learning-based pattern recognition models", *Mathematical problems in engineering*, Vol. 2021, (2021).
16. Ghasedi, M., Sarfjoo, M. and Bargegol, I., "Prediction and analysis of the severity and number of suburban accidents using logit model, factor analysis and machine learning: a case study in a developing country", *SN Applied Sciences*, Vol. 3, pp. 1-16. (2021).

17. Saheli, M.V. and Effati, M., "Investigation of factors contributing to pedestrian crash severity in rural roads", *Journal of Injury and Violence Research*, Vol. 11, (2019).
18. Bargegol, I., Gilani, V.N.M., Ghasedi, M. and Ghorbanzadeh, M., "Delay modeling of un-signalized roundabouts using neural network and regression", *Computational Research Progress in Applied Science & Engineering*, Vol. 2, pp. 28-34. (2016).
19. Effati, M., Behbahani, H., Mortezaei, S. and Vahedi Saheli, M., "Modelling and analyzing the severity of two-lane highway crashes using the spatial data mining, case study: old corridor of Qazvin-Loshan", *Journal of Civil and Environmental Engineering*, Vol. 51.4, pp. 81-95. (2020).
20. Gilani, V.N.M., Sashurpour, M., Hassanjani, S. and Hosseinian, S.M., "Analysis of the Effect of the Speed Factor on Highway Safety Using the Machine Learning Method", *Slovak Journal of Civil Engineering*, Vol. 29, pp. 19-28. (2021).
21. Abolfazlzadeh, M., Asil, M.R., Mohammadi, Z. and Ghanbari, M.R., "Accident Hotspot Detection of Exclusive Bus Transit Lanes (Case Study: City of Rasht)", *Computational Research Progress in Applied Science & Engineering (CRPASE)*, Vol. 8, pp. 1-4. (2022).
22. Asil, M.R. and Bargegol, I., "Investigating the Factors Affecting the Severity of Single-Vehicle Crashes on Urban Roads using Bayesian Binary Probit Regression", *Computational Research Progress in Applied Science & Engineering (CRPASE)*, Vol. 8, pp. 1-6. (2022).
23. Asil, M.R., Toroghi, H. and Bargegol, I., "Analysis of Factors Associated with Traffic Injury Severity on Urban Roads in Different Lighting Conditions", *Computational Research Progress in Applied Science & Engineering (CRPASE)*, Vol. 8, pp. 1-6. (2022).
24. Saheli, M.V., "Understanding the Factors Affecting Urban Vehicle-to-Vehicle Crash Severity with Focus on Drivers' Route Familiarity", *Environmental Engineering*, Vol. 8, pp. 1-7. (2022).